



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Hannu Pekka Tammelin

OVIPROSESSIN HARMONISOINTI- JA KEHITYSTUTKIMUS

Tekniikka ja liikenne
2013

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Hannu Tammelin
Opinnäytetyön nimi	Oviprosessin harmonisointi- ja kehitystutkimus
Vuosi	2013
Kieli	suomi
Sivumäärä	34 + 6 liitettä
Ohjaaja	Hannu Hyvärinen

Opinnäytetyössä tutkittiin VEOn VEDA 5000 – pienjännitekeskuksen ovien toimimattomuuden syitä ja etsittiin ovien kehittämismahdollisuuksia sekä arvioitiin ovien suunnittelun, tilauksen ja käsittelytapojen yhtenäistämismahdollisuuksia.

Alkutilanne selvitettiin keräämällä tietoja oviprosessista haastattelemalla oviprosessissa toimivia henkilöitä. Ovien toimimattomuutta tutkittiin tekemällä mittauksia, joiden arvoja verrattiin mittakuvien mukaisiin arvoihin ja sallittuihin yleisiin standardinmukaisiin toleransseihin. Vertailussa arvioitiin myös mittatarkkuuden vaikutusta tuloksiin.

Oviprosessin harmonisointia tarkasteltiin hyötyjen ja haittojen sekä mahdollisuuksien että uhkien osalta sekä arvioitiin prosessin kehittämissuuntia. Tutkimuksissa löydettiin ovien toimimattomuuden aiheuttavia tekijöitä, joihin jatkossa voidaan vaikuttaa parantamalla laaduntarkastuksen menettelytapoja ja muuttamalla lukon muotoilua paremmaksi.

Työn tulokset jäävät yrityksen käyttöön, ja niitä voidaan käyttää päätettäessä oviprosessin yhtenäistämisestä ja ovien toimimattomuuden ratkaisusta. Yritys voi tarvittaessa käyttää tuloksia mahdollisissa jatkotutkimuksissa.

ABSTRACT

Author	Hannu Tammelin
Title	Research on Harmonization and Development of the Door Process
Year	2013
Language	Finnish
Pages	34 + 6 Appendices
Name of Supervisor	Hannu Hyvärinen

This thesis was made on VEDA 5000 which is one of the products VEO provides in their automation and electrification solutions. VEDA 5000 is type-tested low voltage switchgear which is also known as an electrical center.

The purpose of this thesis was split into two segments. First, to find and evaluate unification models for the door designing, procuring and handling. Second, the purpose was to examine and find ways to solve door malfunctions. The unification models were evaluated by strengths, weaknesses, opportunities, and threats.

To clarify the initial condition of the whole door process information was gathered by interviewing workers and by having an initial meeting. Causes for the malfunctions of the doors were examined by measuring them in the way how they affected the main problem. The measurement results were compared to the dimension figures and to the general tolerance values.

Multiple causes were found for door malfunctions and they could be fixed by improving the quality control policies and by changing the dimension of the latches or the lock mechanism. Other causes should not affect the door functions after these improvements.

The evaluations of the door process unification models can be used as a directional aid in decision making in the future. The company has to decide if they plan to do more research in some **areas** of this thesis.

LYHENTEET JA TERMIT

VEO	Vaasa Engineering Oy
MCC	Motor control center, moottorin ohjauskeskus
ERP	Enterprise resource planning, toiminnanohjaus
Sovite	Sähkökeskuksen kenno kokonaisuutena
Makro	Aukotustyyppitieto
Lajimerkki	Ovissa: yksilöi vakio-ovet koon, värin ja ominaisuuksien mukaan
Tipputaso	Sähkökeskusten kennojen jakamiseen käytetty osiointilevy
Makropaketti	Usean makron yhdistelmä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
ABSTRACT	2
1 JOHDANTO	8
2 TYÖN KUVAUS JA YRITYKSEN TAUSTAA.....	9
2.1 VEO Oy	9
2.2 Työnkuvaus ja tavoite	10
2.3 Projektinhallinta.....	10
3 OVIENTUUNNITTELU, HANKINTA JA KÄSITTELY	12
3.1 Oventuunnittelu	12
3.2 Hankintaprosessi	13
3.3 Oventu käsittely	14
3.4 Asennus.....	15
3.5 Tuunnittelun ja tilauksen ongelmatkohdat	16
3.6 Oventu käsittelyn ongelmatkohdat.....	16
3.7 Yhtenäisen oviprosessimallin valintaehdotuksia	17
3.7.1 Tuunnittelutavan yhtenäistäminen	17
3.7.2 Tuunnittelujärjestelmän käyttö ovihankinnassa	18
3.7.3 Erikoisovientu aukotus tehtaalla	20
3.7.4 Yhtenäisen oventu käsittelymallin valinta	21
3.7.5 Ylimääräisten oventu käsittely	22
4 OVIENTU TOIMINNALLISET ONGELMAT.....	23
4.1 Oventu toimimattomuuteen liittyvät tutkimukset	24
4.2 Lattian tasaisuuden mittaus MCC-osaston tarkastamossa	24
4.3 Keskuksalustan mittaukset.....	25
4.4 Keskuksen rungon vaikutus oventu toimintaan	26
4.5 Oventu yhdenmukaisuuden mittaus	27
4.6 Lukon sopivuuden mittaus	30
4.7 Yhteenveto mittauksista.....	31
4.8 Oventu toimivuuden parantamisehdotuksia.....	31
5 POHDINTAA.....	33

LÄHTEET.....	35
--------------	----

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1.	Suunnitteluprosessin mallikaavio	s. 11
Kuva 2.	Oviprosessin lähtötilanne	s. 12
Kuva 3.	Pyörällinen ovikärri	s. 15
Kuva 4.	Ovikärriä tukeva työntökahva	s. 20
Kuva 5.	Ovien toimimattomuuteen vaikuttavat syyt	s. 22
Kuva 6.	Kaapelikentän ovelle lukon kohdalla toistuva taivutusvirhe	s. 28
Kuva 7.	Lukon kieli sivulta	s. 29
Taulukko 1.	Esimerkki MCC-osaston ovitilauslistasta	s. 14
Taulukko 2.	DIN ISO 2768-1 Toleranssi luokat	s. 27

LIITELUETTELO

LIITE 1. Kohdan 4.3 keskusalustan mittaustulokset

LIITE 2. Kohdan 4.4 keskuksen rungon mittaustulokset

LIITE 3. Mallikuva kohdan 4.5 ovien mittapaikoista ja ovien mittaustulokset

LIITE 4. Kohdan 4.6 lukon mittaustulokset

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin vaasalaiselle energia-alan yritykselle VEO Oy:lle. VEDA 5000 – pienjännitekeskus on yksi VEOn tuotteista, jolla on laaja sovellusalue sähkönkäytön, jakelun ja tuotannon sektoreilla. Opinnäytetyö käsittelee tämän tuotteen oviprosessia, jonka toimivuus on tärkeä asiakaslähtöisessä suunnittelussa, koska sähkökeskusten ovien toiminta on ensimmäinen havaittava asia tuotteesta asiakkaalle. Oviprosessin toimivuus on tärkeä myös ovien pitkien toimitusaikojen takia.

Opinnäytetyössä tutkittiin prosessin harmonisoinnin mahdollisuuksia selvittämällä nykytilanne, josta etsittiin kehittämis- ja yhdistämismahdollisuuksia. Näistä arvioitiin hyötyjä ja haittoja sekä mahdollisuuksia ja uhkia. Työssä tutkittiin myös ovien toiminnallisuudessa havaittuja ongelmia. Tätä lähestyttiin ensiksi haastatteleamalla ongelman havaintsijoita ja pohtimalla alkuperäisiä ovien toiminnallisuuteen vaikuttavia asioita, joita tutkittiin tekemällä mittauksia.

2 TYÖN KUVAUS JA YRITYKSEN TAUSTAA

2.1 VEO Oy

Mauri Holma ja Harri Niemelä perustivat alun perin VEO:n vuonna 1989 Vaasassa nimellä Vaasa Engineering Oy. Nimi muutettiin vuonna 2012 heinäkuussa brändin uudistamisprosessin seurauksena VEO Oy:ksi. Yhtiö on kasvanut yli 20 vuoden aikana paljon ja on luonut useita tytäryhtiötä ympärilleen. Tätä kokonaisuutta kutsutaan VEO-konserniksi. Vuoden 2011 lopussa konserniin kuului Emoyhtiön Vaasa Engineering Oy:n lisäksi tytäryhtiöt Vaasa Kojeistot Oy, Vaasa Service Oy, Vaasa Engineering AS, Vaasa Engineering AB, OOO Vaasa Engineering, Vaasa Engineering Magnetointi Oy, Wringley S.A.

Vaasa Service ja Vaasa Kojeistot liitettiin osaksi Vaasa Engineering Oy:tä vuoden 2012 alussa. VEO on konsernina suuryritys, joka työllistää yli 400 henkilöä ja liikevaihto on 64 miljoonaa euroa. /1/

Yritys toimii energia-alalla ja on erikoistunut sähköntuotannon, -jakelun ja -käytön sovellutuksiin. Korkea osaaminen ja yrityskumppanuus ovat keskeisiä osa-alueita VEO:n markkinoinnissa. Yhtiö tarjoaa vesi-, tuuli-, lämpö-, diesel- ja kaasumoottorilaitosratkaisuja, sähköjakelu- ja teollisuusprosessiratkaisuja. Yksittäinen projekti saattaa sisältää automaation suunnittelun, sähkökeskukset, asennukset ja laitoksen käyttöönoton.

VEO:n omia tuotteita ovat VEDA 5000 – pienjännitekeskus ja VEKE 24 – keski-jännitekojeisto. Molemmat tuotteet suunnitellaan asiakaslähtöisesti, jolloin lopullinen tuote voi olla hyvin vaihteleva. VEO:n yrityskumppanuus perustuu asiantuntijapalveluun sekä huolto- ja asennuspalveluun, jossa reagoidaan nopeasti vikatilanteeseen tarpeen mukaan. /2/

2.2 Työnkuvaus ja tavoite

Opinnäytetyössä keskitytään VEOn VEDA 5000 – pienjännitekeskustuotteen ovien suunnittelu- ja hankintaprosessin kehittämiseen ja tutkimiseen. Tavoitteena oli saada osastojen erilaiset prosessit harmonisoitua ja ovien toiminnalliset ongelmat poistettua.

Yrityksessä katsottiin tarpeelliseksi selvittää ja ratkaista ovien toiminnan ongelmat sekä harmonisoida ovien suunnittelu, tilaus ja käsittelytavat yhdeksi toimivaksi prosessimalliksi. Työssä tarkasteltiin eri kehittymismahdollisuuksia ratkaista ongelmia ja yhtenäistää toimintaa tuotannon osastojen välillä.

Lähtötilanteen kartoituksessa selvitettiin ovien suunnittelu, tilaus ja käsittelytavat ja ovien puutteellisen toiminnan syyt. Kehittymismahdollisuuksia arvioitiin hyötyjen, haittojen, mahdollisten uhkien ja mahdollisuuksien kautta.

2.3 Projektinhallinta

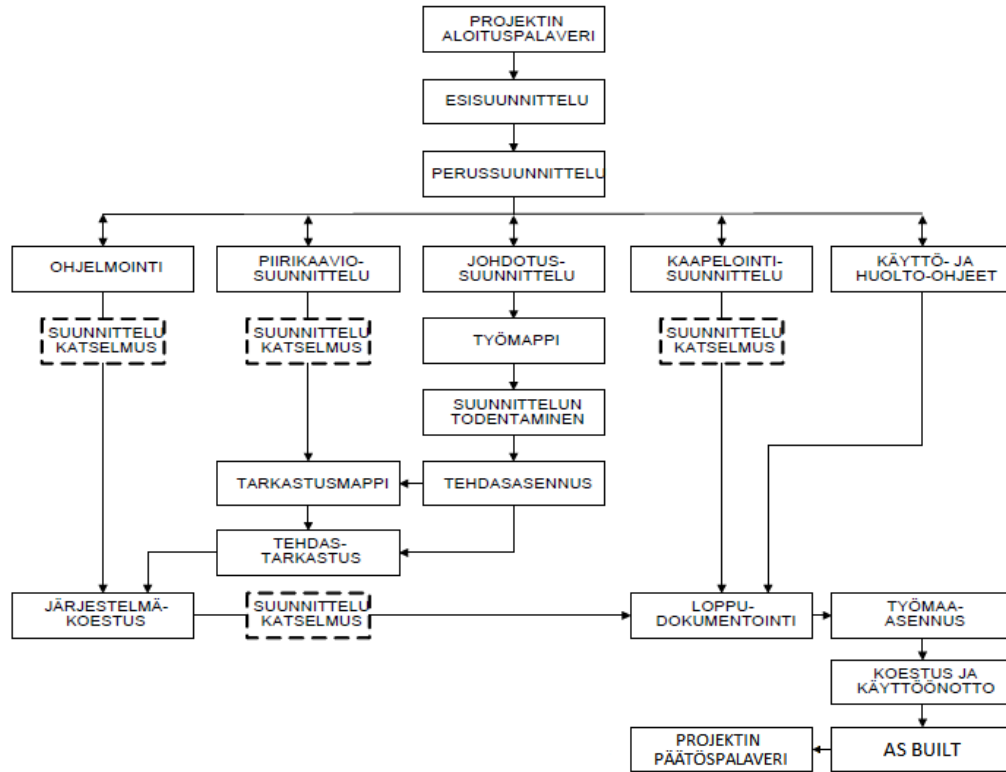
VEOn projektisuunnittelu lähtee asiakkaan lähtötietojen selvittämisestä. Tuote ja palvelut tehdään ja suunnitellaan asiakkaan vaatimusten mukaan. Lähtötiedot ovat kriittisiä projektien etenemisen kannalta. Suunnittelussa tarvittavat lähtötiedot hankitaan neuvottelujen kautta asiakkaalta ja tarvittaessa alihankkijoilta. Tästä vastaa projektipäällikkö ja pääsuunnittelija, joiden on tarvittaessa avustettava myös asiakasta kartoittamaan lähtötietoja. /3/

Lähtötiedot jakautuvat viiteen eri lajiin toiminnallisiin, teknisiin, taloudellisiin, ajallisiin ja muihin lähtötietoihin. Tämän työn on tarkoitus vaikuttaa taloudellisiin ja ajallisiin lähtötietoihin siten, että järjestelmän hinta voitaisiin arvioida paremmin ja, että sovitut aikataulut pitäisivät paikkaansa paremmin.

Kuvassa 1 on nähtävissä VEOn tyypillisen suunnitteluprosessin mallikaavio. Siinä ovisuunnittelun lähtötiedot saadaan sähkökeskuksen esisuunnittelun valmistuttua. Ovisuunnittelun osalta olennaisia lähtötietoja ovat ovien layout-kuvat ja osaluettelo. Nämä tiedot lähetetään henkilölle, joka vastaa ovisuunnittelusta.

Kuvassa 1 katkoviivalla esitetyt asiakaskatselmukset ovat ehdollisia ja niiden käytöstä päätetään aloituspalaverissa.

Vaasa Engineering Oy:n tyypillinen suunnitteluprosessi:



Kuva 1. Suunnitteluprosessin mallikaavio.

Projektipäällikkö määrittää projekteille aikataulut, jotka esitetään ja hyväksytään aloituspalavereissa. Projektien aikatauluista vastaa jokainen suunnittelija itse ja ilmoittaa suunnittelupäällikölle viivästymisistä. Pääsuunnittelija valvoo aikataulun noudattamista ja informoi sen poikkeamisesta projekti- ja suunnittelupäällikölle.

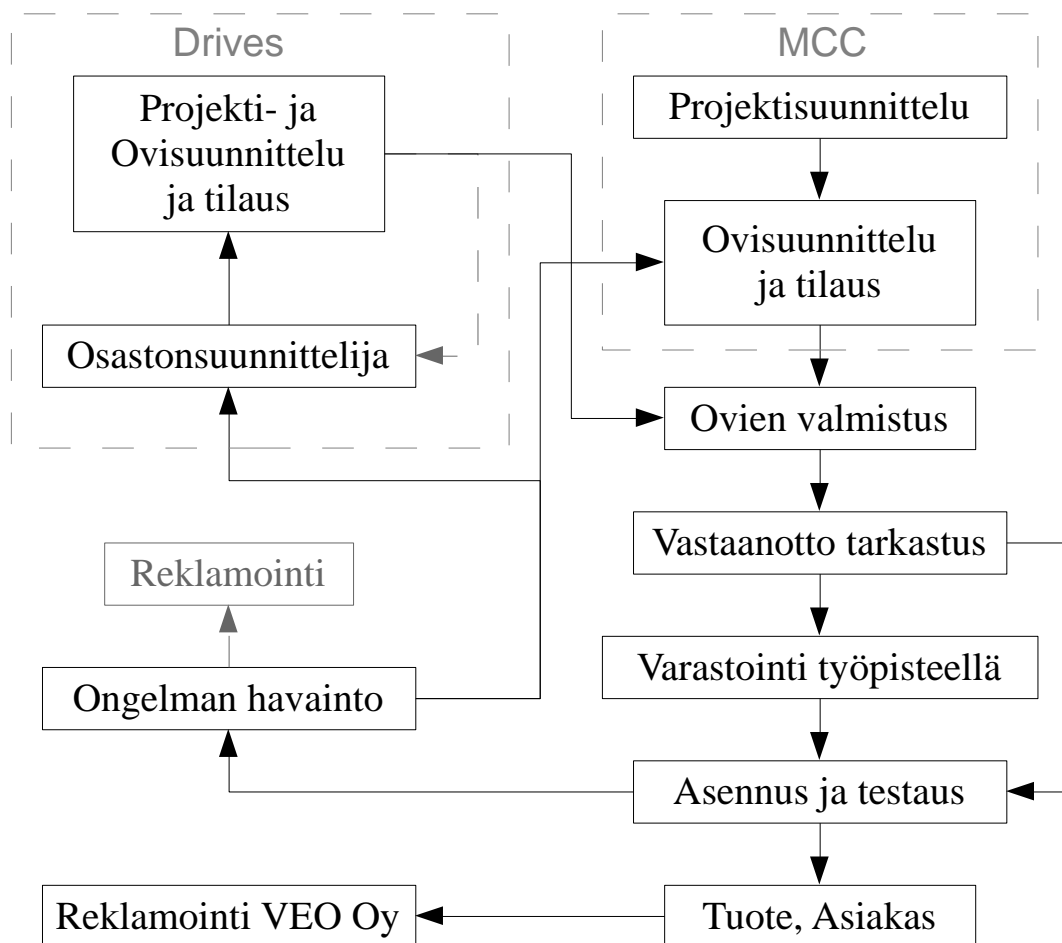
3 OVIEN SUUNNITTELU, HANKINTA JA KÄSITTELY

3.1 Ovien suunnittelu

VEDA 5000 – pienjännitekojeistoa valmistetaan kahdella eri osastolla MCC- ja Drives-osastolla. MCC-osasto keskittyy kontaktorilla tai suorana ohjattuihin käyttöihin, kun taas Drives-osastolla keskitytään taajuusmuuttajalla ohjattuihin käyttöihin.

Kuvan 2 mukaisesti MCC-osastolla osastonsuunnittelija on erikoistunut ovien suunnitteluun ja tilaukseen, kun taas Drives-osastolla on projektien projektisuunnittelija, joka tekee ovisuunnittelun ja tilauksen.

Prosessin nykytilanne



Kuva 2. Oviprosessin lähtötilanne.

Ovisuunnittelu voidaan aloittaa, kun lähtötiedot on selvitetty. Tarvittavat lähtötiedot ovat kojeiden sijoituspiirustukset, projektin kojeluettelo ja projektikohtaiset lähtötiedot. Kojeden sijoituspiirustukset määräävät oven koon, joka taas määrää oven saranoiden ja lukkojen määrän ovesa. Projektin kojeluettelo määrää ovien aukotusten koot. Aukotuspaikat määräytyvät taas useista eri tekijöistä. Näitä ovat oven muut aukotukset, kojeiden paikat kennossa ja niiden mahdolliset vakioinnit, ovien aukeamissuunnan, lukon käyttöalue, toiminnalliset ja projektikohtaiset vaatimukset. Ovisuunnittelussa on kysymys ovien aukotusten suunnittelusta.

MCC- osastolla osastonsuunnittelija suunnittelee ovien aukotuksen ja tekee ovista tilauslistan, jossa ilmoitetaan tarvittavat tiedot tekstinä. Suurin osa aukotuksista on vakioitu, mutta osa vaatii tarkempaa mittausta.


Drives-osastolla jokaisen projektin oma projektisuunnittelija suunnittelee aukotukset ja tilaa ovet. Ovet piirretään AutoCAD-ohjelmalla, jotka lähetetään liitteenä ostoon. Kuvat ovista on piirretty hyvin yksityiskohtaisesti.

3.2 Hankintaprosessi

Molemmat tilaukset lähetetään ostoon, jossa ne tilataan Dynamics AX-tietokantaa käyttäen. Siinä tilaukset ovat yhdellä rivillä liitteenä, jossa voidaan nähdä tilauksen hinta ja päivämäärä.

Microsoft Dynamics AX on toiminnanohjausjärjestelmä eli ERP-järjestelmä, jolla pyritään korvaamaan yrityksen kaikkien osa-alueiden eri ohjelmat. /6/

Ovitalauksessa ilmoitetaan ovien koko, aukotuskoordinaatit, aukotustyyppi, tiivistys, väri ja jäykistäminen. Nämä tiedot voivat olla joko taulukon 1 mukaisessa ovitalausmuodossa tai piirretyissä mittakuvissa ja niiden luettelossa.

		13.12.2013		1			
		TilausNRO:					
Proj.nro:	Projekti:	Ovia yhteensä:	maalattu puoli ylöspäin				
		59	<input type="radio"/> lukot <input type="radio"/>				
Tilaaaja:	Toimitusaika:	Väri:	<input checked="" type="radio"/> X <input type="radio"/> Y				
		RAL7035	nollapiste <input type="radio"/> Tiivistys				
Puh:		LÄHETYS KÄRRYSSÄ		<input type="radio"/> Kyllä <input checked="" type="radio"/> Ei			
Pos.	Ovikoko	Tyyppi (F/W)	X suunta	Y suunta	X-Y suunta	Kpl	Merkintä
1	0604	F	305,5	168	makro 123	2	T5v
2	0602	F	81	448	makro XT2-4	18	XT2o
3	0602	F	85	142	makro XT2-4	14	XT2v

Taulukko 1. Esimerkki MCC-osaston ovitilauslistasta.

Ovien toimitusajoista on sovittu etukäteen ja ne otetaan huomioon projektisuunnittelussa. Tilauksen toimitusajankohta tulee ajoittaa asennus ajankohdan mukaan.

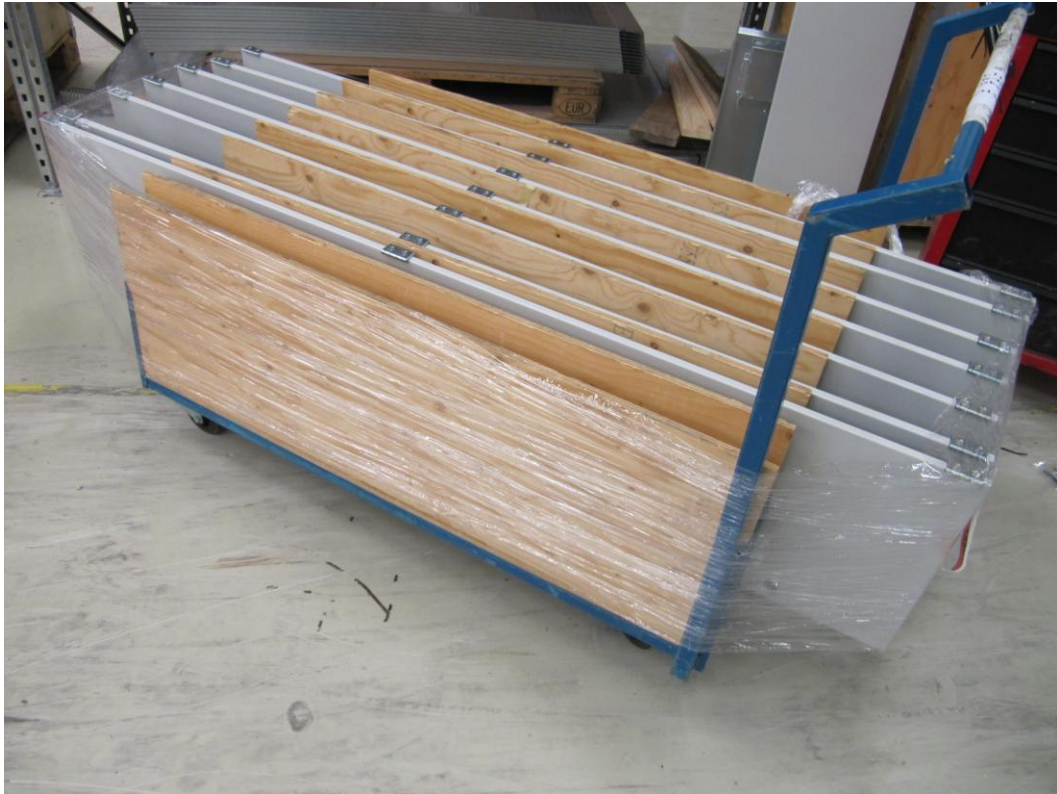
3.3 Ovien käsittely

Ovet toimitetaan tehtaan yhteiseen vastaanottoon, jossa tehdään vastaanottotarkistus. Tarkistus on hyvin yleispiirteinen, jossa tarkistetaan määrä, toimitetun tuotteen vastaavuus tilattuun tuotteeseen, tuotteen kunto ja ehjyys. /4/

Vain pieni osa ovista varastoidaan. Niitä ovat esimerkiksi kaapelikenttien ovet, mutta myös ylimääräiset yleisesti käytetyt ovet, kuten muutostöistä johtuneet aukottamattomat perusovet. Yleisesti ovet pyritään asentamaan heti keskuksiin, mutta usein vastaanoton ja asennuksen välissä on lyhyt viive. Tämä voi taas riippua siitä kuinka hyvin toimitusajat kohtaavat asennusvaiheiden kanssa.

Ovien tehtaan sisäisessä logistiikassa on kolme eri tapaa siirrellä ovia, isot ovipakkaukset, ovikärkyt ja kuormalavat. Toimittaja toimittaa ovet valmiiksi edellä mainituissa pakkauksissa. Isoja ovipakkauksia käytetään MCC-osastolla vakio-korkuisten kaapelikenttien ovien kuljetukseen. Ovikärkyjä oli alun perin vain yhtä mallia, jossa on pyörät ja oville välit kuvan 3 mukaisesti. Toisessa mallissa, jonka ovienvalmistaja oli muuttanut, on poistettu pyörät ja kärryn alle on kiinnitetty laava, koska pyörät eivät olleet kestäneet ovien painoa.

Molemmat mallit ovat osastojen yhteisessä käytössä ja niissä voidaan kuljettaa useita pieniä ovia tai muutamia isoja ovia. Kuormalavat, jotka ovat yleisessä käytössä, voidaan kasata ovia päällekkäin. Kaikkein isoimmat ovet joudutaan kuljettamaan kuormalavoilla, koska ne eivät mahdu ovikärriin.



Kuva 3. Pyörällinen ovikärri.

Ovien toimittajan kanssa on sovittu ovikärrien ja isojen ovipakkauksien logistiikasta. Ovet toimitetaan niissä pakattuina ja lähetetään takaisin tyhjinä. Kuormalavat taas ovat yleisessä kierrossa ja ne ovat helposti saatavissa.

3.4 Asennus

Ovien vastaanoton jälkeen osastojen logistiikasta vastaavat henkilöt kuljettavat ovet työpisteille. Kun kojeisto on saatu riittävän pitkälle valmiiksi, on asentajan mahdollista aloittaa ovien asentaminen. Oikea ovi valitaan ja tarkastetaan pintapuolisesti oven kuranttius. Oviin tehtävät mahdolliset lisäaukotukset toteutetaan

tapauskohtaisesti asentajan kokemuksen ja osaamisen mukaan. Vertailua tilattuihin oviin ei tehdä, jos vikaa ei havaita.

3.5 Suunnittelun ja tilauksen ongelmakohdat

Molemmissa eri tavoissa suunnitella ovia on havaittu huolimattomuusvirheitä. Vääränlaiset ovet on jouduttu tilaamaan uudelleen, mikä maksaa paljon ja tuo viivettä tuotantoon. Suurin osa ongelmista on ollut vääränlaisia aukotuksia tai aukotus väärässä paikassa tai tiivistyksen puuttuminen.

Drives-osastolla osastonsuunnittelija on joutunut pitämään huolen ovitilausten oikeellisuudesta, mikä on vienyt aikaa osastonsuunnittelijan tehtävistä.

Oviprosessin kehittämistä hankaloittavat nykyiset ovien tilaustavat. Projektien ovitilauksista ei jää yksittäisiä ovien historiatietoja. Tämä johtuu siitä, että ovet tilataan yhtenä eränä, jossa yksittäisen oven todellinen hinta ei näy projektien kustannuksissa. Nämä ongelmat vaikeuttavat kehityssuunnitelmien tekemistä ja niiden arviointia.

3.6 Ovien käsittelyn ongelmakohdat

Lavoilla toimitetut ovet ovat vaikeasti käsiteltävissä. Oville on vaikea tehdä vastaanottotarkistus ja ovien yksittäinen poiminta on hankalaa. Lavoilla isot ovet ovat aiheuttaneet tuotannossa naarmuuntuneita ovia, koska ovet vaativat jatkuvaa siirtelyä lavoilla. Vialliset ovet aiheuttavat viivettä, kun joudutaan tilamaan uudet ovet tai paikkamaalaamaan ovia.

Ovikärryt kuuluvat VEOlle ja samoin niiden huoltovastuu. Ovikärryistä vastaavaa henkilöä ei ole, josta seuraa epäselkeät toimintatavat ovikärryjen rikkoutuessa. Myös ovien toimittajalle voi olla epäselvää, mitä tulisi tehdä ongelma tapauksissa.

Ovikärryjen määrää ei tiedetä ja ovien käsittelyyn tarvittavien ovikärryjen lukumäärää ei tiedetä. Jos kaikki ovet käsiteltäisiin ovikärryillä, olisi niiden lukumäärä selvitettävä käsittelytapojen yhtenäistämismallien arvioinnissa.

Ovikärryissä ei kestä osiointilevyt, jotka on tehty vanerista. Pyörälliset ovikärryt eivät ole myöskään kestäneet ovien painoa, jolloin ovitoimittaja on joutunut muuttamaan ovikärryjä pyörättömiksi, mikä sopii paremmin heille.

Ovikärryjä on myös käytetty ylimääräisten ovien varastointiin, mutta ylimääräisten ovien käytöstä ei ole selviä toimintatapoja. Tällöin ovikärryt voivat jäädä pitkäksi aikaa pois käytöstä.

3.7 Yhtenäisen oviprosessimallin valintaehdotuksia

Oviprosessien yhtenäistämiseksi olisi tehtävä seuraavia valintoja:

- Osaston projektien ovisuunnittelusta tulee vastata joko projektikohtaisesti projektisuunnittelija tai eri projekteille yhteinen ovisuunnittelija.
- Halutaanko ovista yksittäisiä tilaustietoja, mikä tarkoittaa Suunnittelujärjestelmän käyttöönottoa ovien hankinnassa vai pysytäänkö vielä vanhassa tavassa?
- Erikoisovet aukotetaan tuotannossa tai erikoisovet tilataan aukotettuina.
- Valitaan ovikärrymalli.
- Valitaan ylimääräisten ovien käsittelytapa.

3.7.1 Suunnittelutavan yhtenäistäminen

Oviaukotusten suunnittelu alkutilanteessa näytti jakautuneen kahteen eri tapaan. MCC-osaston tavassa aukotusten suunnittelussa käytettiin makrolistaa, kun taas Drives-osastolla tehtiin aukotussuunnittelu piirtämällä. Makrolistan käyttö ovisuunnittelussa on kehitetty ajan myötä sähkökeskusten vakioitumisen seurauksena. Tämä on nopeuttanut ovisuunnittelua juuri erikoistumisen kautta.

Alun perin Drives-osaston ovisuunnittelun teki yksi henkilö, joka erikoistumisen myötä kehitti suunnittelutapansa yksinkertaisemmaksi. Oviaukotukset suunniteltiin piirtämällä, koska sähkökeskukset olivat useasti täynnä erikoistapauksia. Tästä seurasi, että jos ovitilaukset olisi tehty makrolistamenetelmällä, olisi syntynyt uusi työvaihe hidastamaan työtä. Tämä taas vältettiin sopimalla valmistajan kanssa siten, että tilaukseen voidaan liittää ovien mittakuvat liitteenä mukaan.

Suunnittelu- ja tilaustapa ovat olleet yhtenäisiä alun perin, mutta jakautuneet siten kehityksen myötä. Toisaalta Drives-osaston ovisuunnittelun siirtyminen projektisuunnitteluun on voinut hidastaa ovisuunnittelun kehittymisen. Oviaukotussuunnittelun tehokas toteutus vaatii komponenttien fyysisten mittatietojen päivittämistä. Näistä syistä olisi järkevä olla oviaukotussuunnitteluun erikoistunut henkilö myös Drives-osastolla, jolloin toimintatapojen yhdenmukaistaminen voisi olla mahdollista. Vaikka tämä tuo lisää palkkakustannuksia ja työn tehokkuus laskee, kun perehdytetään uusi henkilö työhön, olisi tulevaisuudessa mahdollisuus jakaa töitä ja osaamista osastojen kesken, sekä projektisuunnittelijat voisivat keskittyä omaan erikoisosaamiseensa.

3.7.2 Suunnittelujärjestelmän käyttö ovihankinnassa

Projektien ovitilauksesta on mahdollista saada yksittäisten ovien historiatiedot jäämään tietokantaan kirjaamalla tilatut ovet yksitellen lajimerkeillä Dynamics AX -tietokantaan. Ovitilauksen tekemisessä on toisaalta järkevämpää hyödyntää Suunnittelujärjestelmää, joka on kojeistosuunnittelun hallintaan ja tuotekehitykseen kehitetty tietokantaohjelmisto. /5/

Suunnittelujärjestelmän hyödyt ovisuunnittelussa ja hankinnassa:

- Vakiosovitteet eivät vaadi oviaukotussuunnittelua.
- Ovitilauksista jäävät yksittäisien ovien historiatiedot voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla:
 - o lajimerkillä
 - o lajimerkillä ja aukotusten mukaan.

Suunnittelujärjestelmän haitat ovisuunnittelussa ja hankinnassa:

- Piirretyistä tilausovien aukotuskuvista joudutaan valitsemaan toimintatapa:
 - o Poimitaan makro- ja paikkatiedot aukotuskuvista, jotka ovat liitettävä lajimerkkiin aukotus kerrallaan.
 - o Aukotuskuvat liitetään lajimerkkiin yksitellen makroina.
 - o Jos aukotukset tehdään tehtaalla, aukotuskuvia ei tarvitse tilata Suunnittelujärjestelmän kautta.

- Yhteensopivuus Drives-osastolla projektisuunnittelun kanssa on ratkaistava.
- On opeteltava uusi toimintamalli ovisuunnittelussa.
- Sovitteista puuttuvat vielä ovien lajimerkit.
- Drives-osastolla tulee olla ensin eri projekteille yhteinen ovisuunnittelija.
- Makropaketteja on luotava.

Suunnittelujärjestelmän mahdollisuudet ovisuunnittelussa ja hankinnassa:

- Inhimillisistä virheistä aiheutuvien vikatilausten määrä vähentyy automaattisten toimintojen kehittyttyä.

Suunnittelujärjestelmän uhat ovisuunnittelussa ja hankinnassa:

- Muutokset voivat aiheuttaa virhetilauksia.

Projektisuunnittelussa voidaan käyttää vakiosovitteita, kun käytetään Suunnittelujärjestelmää. Tällaisessa sovitteessa tulee olla ovi lajimerkillä. Siihen tulee olla liitetty makronimike liitteenä. Tämä makronimike sisältää aukotuspaikkatiedon ja makrotiedon. Nämä molemmat tiedot sisältyvät makronimikkeen nimeen.

Vakiosovitteet ovat yleisiä vain MCC-osastolla, kun Drives-osastolla niitä on vähän. Drives-osastolla Suunnittelujärjestelmää ei käytetä, koska sähkökeskukset suunnitellaan lähtökohtaisesti eri tavalla.

Sovitteeseen tulee sisältyä aina valmiiksi perusovi lajimerkillä. Ovisuunnittelija lisää siihen suunnitellut makronimikkeet liitteenä. Tällä hetkellä makronimikkeet Suunnittelujärjestelmässä sisältävät aina aukotuspaikkatiedon ja makrotiedon nimessä. Koska makronimikkeet tallentuvat tietojärjestelmään nimen mukaan, niiden määrä kasvaa, kun aukotuspaikka tai makro vaihtuu. Tästä voi seurata tiedon ylimääräistä kasautumista ja voi siten aiheuttaa myöhemmin muita ongelmia. Koska makronimikkeitä on useita, aukotuksen hintatiedon pitää olla jokaiselle makronimikkeelle määritelty erikseen.

Toinen vaihtoehto on, että makronimikkeen nimi sisältää pelkän makrotiedon. Tuolloin jokaisen oven lajimerkkiin liitetään aukotustiedot ja makronimike. Aukotustiedot voivat olla suunnittelutavan mukaisesti liitettyinä lajimerkkiin. Koska makronimikkeen nimi sisältää vain makrotiedon, makronimikkeitä jää rajallinen määrä. Näille makronimikkeille voidaan määrittää aukotustavan mukainen hinta, jolloin ovitilauksista jää hintatieto lajimerkin ja makron mukaan. Heikkoutena tässä tavassa on, että lajimerkkiin liitetyn aukotuspaikkatiedon tulee sisältää myös makrotieto ja nämä jäävät myös tietokantaan erikseen.

Suunnittelujärjestelmää pitäisi kehittää ohjelmistona. Lajimerkin liitteeseen pitäisi pystyä lisäämään liite, joka aukotussuunnittelussa olisi aukotuspaikkatieto.

3.7.3 Erikoisovien aukotus tehtaalla

Erikoisovet voitaisiin myös aukottaa tehtaalla. Tällöin erikoisovet tilataan ilman aukotuksia, jolloin ovet saadaan aikaisemmin tehtaalle. Toimitusaika on tällä hetkellä sama aukotetuille oville ja perusoville, mutta perusovien tilausmäärän kasvassa olisi mahdollista yrittää neuvotella toimitusaikaa lyhyemmäksi. Jos aukotukset tehdään tehtaalla, ongelmat Suunnittelujärjestelmän käyttämisessä ovi-suunnittelussa poistuu. Makro- ja paikkatietojen liittämistä lajimerkkiin ei tarvittaisi, koska ovet tilattaisiin pelkillä lajimerkeillä.

Ainut suora vaikutus viiveeseen olisi, että aukotuksia ei tarvitse suunnitella ennen tilausta. Ovet saataisiin aikaisemmin tehtaalle, mutta kuitenkin aukotuksiin menee vielä oma aikansa. Viiveen rahallisen vaikutuksen arviointi on hankalaa, koska ovitilausten viivästyminen on satunnaista ja sen laatu ja vaikutus vaihtelevat. Lisäksi tuotannossa tehtävien aukotusten aiheuttaman viiveen arviointi on hankalaa, koska työvälineiden tehokkuus ja sarjatyön vaikutus pitäisi arvioida yhdessä jokaiselle eri aukotuskoolle.

Yleisimmillä aukotusvälineillä ei pystytä toteuttamaan suurimpia aukotuksia yhdellä toiminnolla, vaan ne vaativat neljä aukotuskertaa ja jälkikäsitteilyä. Nämä suuret aukotukset ovat lisäksi kohtalaisen yleisiä erikoisovissa.

Aukotuskonetta valittaessa tulisi myös arvioida kaikkien osastojen aukotustarve oville ja muihin käyttötarkoituksiin. Aukotuskoneen käytön priorisointi tulee ottaa huomioon suunnitelmissa, kun samanaikainen aukotustarve on korkea eri osastoilla.

Jos Suunnittelujärjestelmä otetaan käyttöön, ovitilauksista saadaan ovien yksittäiset aukotustiedot. Näitä tietoja voitaisiin käyttää valitessa aukotuskonetta. Arvio aukotustarpeelle voitaisiin laskea erikoisovista, jotka tilataan ilman aukotuksia. Toisaalta arvio voidaan toteuttaa keräämällä tiedot vanhoista tilauksista, mutta tiedot täytyy purkaa ja lajitella ensin. Hyötynä olisi nopeamman ja luotettavamman arvioinnin tekeminen.

3.7.4 Yhtenäisen ovien käsittelymallin valinta

Isojen ovien turvallinen käsittely vaarantuu, kun ovet toimitetaan tavallisilla kuormalavoilla. Ongelman poistaminen vaatisi ovikärryn, johon isoimmat ovet mahtuisivat. Tämä voidaan toteuttaa, joko luomalla uusi yhteinen ovikärky kaikille oville, suunnittelemalla uusi ovikärky isoille oville tai kehittämällä vanhaa paremmaksi.

Ovikärkyjen määräksi laskettiin tällä hetkellä 19 kappaletta, joista 13 ovikärkyssä oli pyörät. Uudessa yhtenäisessä toimintatavassa käytettävien ovikärkyjen tarpeen määrästä tulisi tehdä arvio. Arvio voidaan tehdä selvittämällä nykyisten ovikärkyjen kapasiteetin käyttöaste ja kiertoaika ja vertaamalla niitä mahdollisiin ovikärkyymalleihin.

Yksi tapa luoda isoille oville ovikärky voi olla kahden nykyisen ovikärryn yhdistäminen yhdeksi pitkäksi kärkyksi. Haittana olisivat tietenkin perinteisten ovikärkyjen määrän väheneminen ja mahdolliset muutostyöt.

Helppointa olisi muuttaa nykyistä ovikärkyä siten, että poistetaan kuvissa 3 ja 4 näkyvä työntökahva. Tällöin ovien leveys ei estä ovikärryn käyttöä. Toisaalta kahva toimii rakenteellisena tukena, jonka poistaminen voi mahdollisesti heikentää liikaa ovikärryn rakennetta ja samalla pyörällisten ovikärkyjen työntöominaisuus poistuisi.



Kuva 4. Ovikärryä tukeva työntökahva

Jos nykyisiä ovikärryjä aiotaan jatkossa käyttää, kannattaa niiden olla selvästi yhdenmukaisia. Tällöin ei synny ongelmia, kun suunnitellaan ja kehitetään parempaa logistiikkaa. Ovikärryjen yhdenmukaistamiseksi tulee määrittää niiden liikuteltavuus ja ulkomitat.

Ovikärryistä kannattaisi poistaa pyörät, jos halutaan mahdollistaa niiden varastointi hyllyille. Tämä ei ole kuitenkaan mahdollista, jos hyllytasojen välinen korkeus on liian pieni. Pyörien kantavuusongelma poistuu myös pyörien poistuesssa. Ainoa heikkous pyörien poistamisessa on, että liikuttaminen vaatii aina pumpukärryt tai trukin.

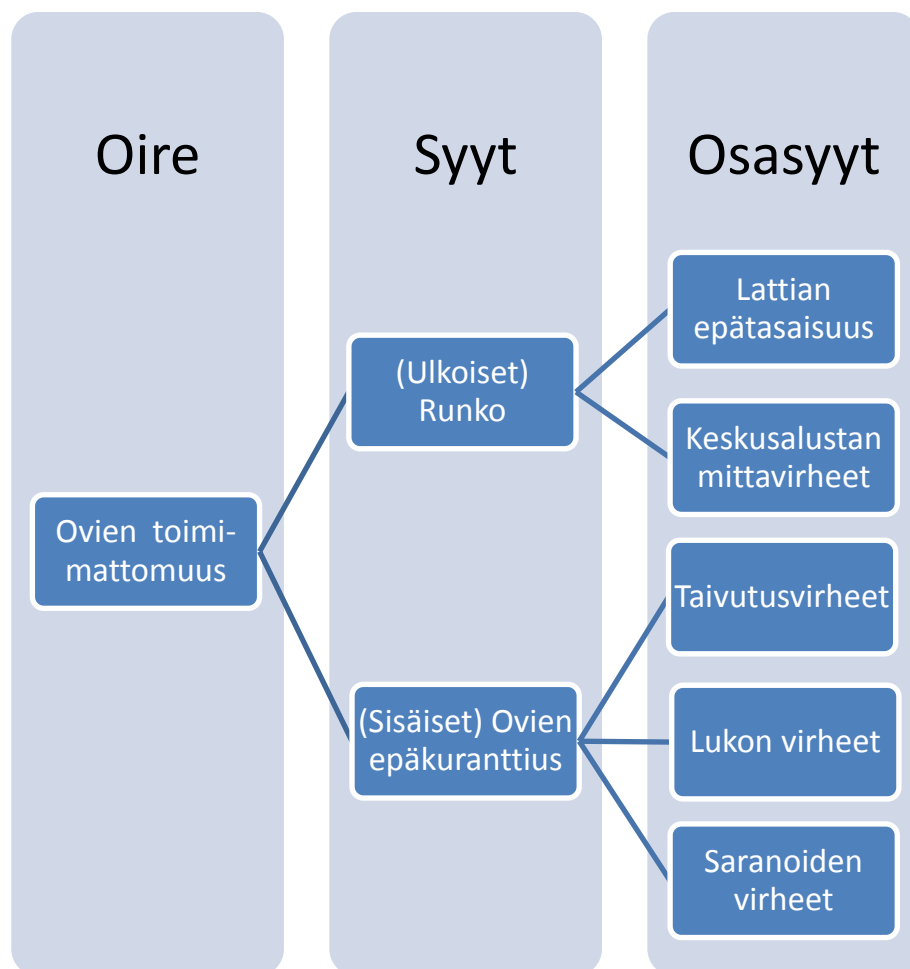
3.7.5 Ylimääräisten ovien käsittely

Ylimääräisiä ovia ei kannata säilyttää, kun ovet eivät ole lajimerkin mukaisia. Lajimerkin mukaisten ylimääräisten ovien säilyttämistä voisi harkita niiden yleisyyden kannalta sekä taloudellisista syistä. Tämä vaatii ylimääräisten ovien kirjaimista ja varastointia, mikä tulee ottaa huomioon myös ovitilausta tehdessä. Jos ylimääräisiä ovia ei haluta säilyttää, saadaan ovien säilyttämiseen käytetyt ovikärryt takaisin kiertoon ja näin myös säästyy tilaa.

4 OVIENTOIMINNALLISET ONGELMAT

VEDA 5000 – pienjännitekeskuksen ovet tilataan alihankkijalta, mikä tarkoittaa valmistuksen vastuun siirtämistä eri yritykselle. Toimittajalle on lähetetty perusovista mittakuvat, joissa on ovikohtaiset lajimerkit. Kuvissa on merkitty tuotteille asetetut vaatimukset.

Tuotannossa on ilmennyt ovien puutteellista toimintaa, jonka syy on epäselvä. Mahdollisia syitä lähdettiin pohtimaan ja samalla kuultiin tuotannon henkilöstöä. Kuvan 5 mukaisesti ovien puutteellinen toiminta voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin syihin. Sisäiset syyt kertovat virheistä ovitoimituksessa ja ulkoiset syyt kertovat ongelmista tuotannossa.



Kuva 5. Ovien toimimattomuuteen vaikuttavat syyt.

4.1 Ovien toimimattomuuteen liittyvät tutkimukset

Tutkimuksissa pyritään selvittämään ovien puutteellisen toiminnan syitä tekemällä satunnaisotosmittauksia. Tuloksia vertaillaan vaadittuihin raja-arvoihin ja ovien toimintaan.

Mittaamiseen käytettiin kolmen metrin 30x10 mm alumiinikiskoa, Würthin 714 64 512 – rullamittaa ja Absolute Digimatic Caliper 500-181-20-työntömittaa. Rullamitalla mitattuja arvoja käsiteltiin vain viitteellisinä arvoina, jotka vaatisivat tarkempia mittauksia. Mittauksessa käytetyn kiskon laskettu ominaistaipuma pystyasennossa on 0,5 mm, kun tukipisteet ovat kiskon päissä.

4.2 Lattian tasaisuuden mittaus MCC-osaston tarkastamossa

MCC-osaston tarkastamon lattian epätasaisuutta tarkasteltiin satunnaisotolla. Tarkoituksena oli selvittää onko lattia epätasainen ja samalla tutkia kuinka voidaan mitata lattian vaikutusta runkoon.

Lattian tasaisuutta mitattiin asettamalla kisko lattialle makaamaan pystyyn, jolloin se jäi makaamaan lattian korkeimpien pisteiden päälle. Mittaus otettiin näiden pisteiden keskeltä mittaamalla työntömitalla kiskon päältä lattiaan. Tästä arvosta poistettiin kiskon paksuus 30 mm.

Mitattuun arvoon vaikuttivat kiskon taipuisuus tukipisteiden välillä ja lämpötila. Kiskon tukipisteet olivat keskimäärin noin kahden metrin välillä jolloin taipuisuus jää alle 0,5 mm. Lattian epätasaisuuden mitatut arvot eivät vaikuta ovien toimintaan suoraan, vaan ne antavat keskuksen rungolle mahdollisuuden taipua.

Lattiasta mitatut arvot eivät antaneet tarkkaa kuvaa lattiapinnan muutoksesta. Kappale, joka sijoitetaan epätasaiselle pinnalle, asettuu korkeimpien pisteiden vaaraan, jotka ovat kappaleen tukipisteet. Tukipisteiden välinen uppoama kertoo kappaleen taipumismahdollisuudesta. Tukipisteiden välinen matka kertoo voimasta, joka taivuttaa kappaletta.

Mittauspisteet valittiin siten, että kiskon tukipisteet olivat silmämääräisesti yhtä kaukana kiskon päistä. Tällöin kiskon taipuminen on pienintä ja sen vaikutus mitattuun arvoon on minimoitu.

Lattiassa havaittiin tasaisuuden vaihteluja 4,0 mm keskiarvolla. Mittaustulokset vaihtelivat 1,8–10,8 mm. Tasaiseksi mitatusta paikasta siirrettiin eri keskuksia epätasaiselle paikalle. Molemmilla paikoilla mitattiin keskuksista ristimitat. Nämä mittaustulokset vaihtelivat 5 mm ja -2 mm välillä. Mittaustarkkuus oli ± 1 mm.

Tuloksien vaihtelun ja mittauksien epätarkkuuden takia ei voida osoittaa selvää yhteyttä lattian epätasaisuuden ja rungon ristimitan välillä. Tämä johtunee eri keskuksen ominaisuuksista kuten painosta, tukipisteistä sekä keskusalustasta. Tulokset eivät kuitenkaan sulje pois mahdollisuutta, että yhteyttä ei olisi.

4.3 Keskusalustan mittaukset

Tarkoituksena oli selvittää onko keskusalustojen korkeuserot kriteerien mukaisia vai löytyykö niistä virheitä.

Keskusalustan vaikutus keskuksen rungon mittoihin on vaikea havaita mittaamalla, koska mittaustuloksiin vaikuttavia tekijöitä on useita ja ne vaihtelevat tapauksittain. Pelkästään jo puun aineena tiedetään olevan kieroutuvaa ja epätasaista. Näistä seuraa mittaustulosten tarkkuuden heikkenemistä. Myös keskuksen paino ja keskusalustan tukipisteiden paikkojen erot vaikuttavat mittauksien vertailukelpoisuuteen ja yhdenmukaisuuteen.

Mittaukset tehtiin viidelle keskusalustalle, joista kaksi oli merivientimallia ja kolme perusmallia. Mittaukset otettiin jokaisen tukipisteen kohdalta, jolloin mitauspisteitä kertyi 50. Mittauksissa käytettiin työntömittaa ja kiskoja apuna. Kiskoilla pyrittiin tasaamaan mittauskohdat, jolloin saatiin paksuin kohta tukipisteestä. Yhtä kiskoa käytettiin mittauksen jatkeena työntömitalle, jolla pyrittiin parantamaan mittaustarkkuutta.

Lattian epätasaisuuden vaikutus poistettiin nostamalla keskusalusta ylös lattiasta ja asettamalla keskusalustan alle kisko, jonka jälkeen laskettiin keskusalustaa niin, että alusta osui kiskoon, mutta ei lattiaan.

Toleranssit merivientimallin keskusalustoille on määritelty $\pm 2,0$ mm ja tavallisille keskusalustoille $\pm 3,0$ mm. Mittausvirheeksi arvioitiin $\pm 0,4$ mm, joka koostuu mittauksen lukemisesta, mittauksen ja kiskojen vinouden aiheuttamasta virheestä.

Mittausarvoista laskettiin pienimpien ja suurimpien arvojen välisiä eroja ja niitä verrattiin keskusalustakohtaisiin sallittuihin arvoihin. Nämä arvot vaihtelivat 3-4,8 mm välillä. Kun arvoista vähennettiin mittausvirhe, eivät arvot ylittäneet sallittuja toleranssien mukaisia arvoja, (LIITE 1).

4.4 Keskuksen rungon vaikutus ovien toimintaan

Tarkoituksena oli selvittää aiheuttaako lattia keskuksen ristimitoissa eroa ja onko rungon salmiakkimuotoisuudella vaikutusta ovien toimimattomuuteen. Mittaukset tehtiin MCC-osaston tarkastamossa mittaamalla kenttien sisäisiä ristimittoja.

Mittaus otettiin keskuksen takaseinän peltien kiinnitysruuvin kohdalta. Mittaa luettiin molemmista päistä siten, että alkupää alkoi 10 cm kohdalta, mitan alkupään virheen minimoimiseksi. Mitan aiheuttama epätarkkuus katsottiin merkityksettömäksi, kun verrattiin ristimittoja saman kentän sisällä.

Mittauskohteeksi valittiin keskukset 31.10820.03 ja 31.10820.04. Mitattavia kenttiä oli yhteensä 24 kappaletta, joissa oli yhteensä 131 kappaletta ovia. Mitattujen ristimittojen poikkeamat oikeista arvoista vaihtelivat välillä 1,8–(-1,2) mm, jolloin suurin mitattu ristimittojen ero oli 3,0 mm. Mitattujen ristimittojen erot oli keskiarvoltaan 1,0 mm, (LIITE 2).

Keskusten kaikista ovista kaksi oli toimimatonta. Molemmat tapaukset olivat kentässä, jossa mitattujen ristimittojen ero oli suurin. Lattian tasaisuus mitattiin tämän tapauksen osalta ja havaittiin keskusosan takapuolella 7,8 mm ja etupuolella 4,5 mm. Molemmissa tapauksissa mittauskiskon tukipisteet olivat keskusalustan päädissä. Ristimittojen ero johtui lattian epätasaisuudesta.

Molemmissa ovissa havaittiin hankausjälkiä oikeassa alakulmassa, eli lukon puolella. Ovet mitattiin tipputasoon nähden päistä, jolloin eroksi mitattiin noin 3 mm, mikä tarkoittaa, että ovi laski tipputasoon nähden. Eli oven vinous runkoon nähden korreloi ristimittojen eron kanssa.

Ovissa oli myös virhettä suhteessa vaadittuun laatuun. Mitattujen ovien paksuudet ylittivät taulukon 2 standardien mukaiset toleranssiarvot keskiarvolla 0,5 ($\pm 0,1$) mm. Mitatut arvot vaihtelivat 0–2,5 ($\pm 0,1$) mm välillä sallituista arvoista.

Ovi saatiin toimivaksi vääntämällä se suoraksi tipputasoon nähden. Rungon ristimitan heitto sekä ovien virheellinen taivutus aiheuttivat oviin toiminnallista epävarmuutta.

4.5 Ovien yhdenmukaisuuden mittaus

Ovia mitattiin toimitettujen ovien osalta ja mitta-arvoja verrattiin tilattuihin oviin. Tarkoituksena oli selvittää täyttyvätkö laadulliset kriteerit, joilla voidaan mitata toimivuutta.

Mittauskohteiksi valittiin kuusi kappaletta isoja ovia. Ovista otettiin 26–22 mittaa per ovi, riippuen leveydestä. Ovista mitattiin sisä- ja ulkomitat, taivutuksien paksuudet eri puolilta ovia, (LIITE 3).

Mitattujen ovien tuloksissa otetaan huomioon taulukon 2 mukaiseen DIN ISO 2768-1 medium-toleranssiluokan sallimat raja-arvot eri pituuksille.

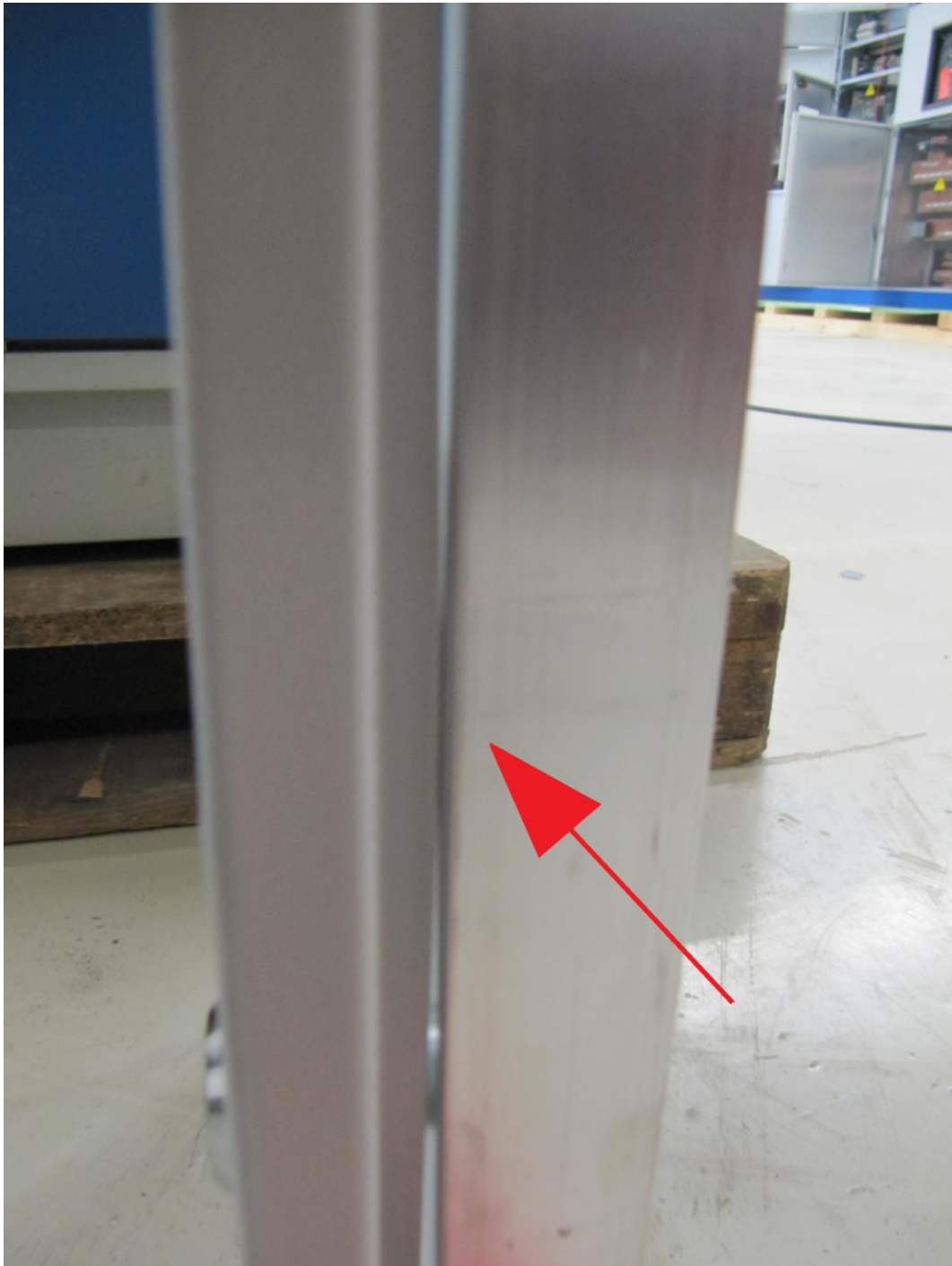
Tabular 1 Limits for linear measures								
Tolerance-class	Limits in mm for nominal sizes in mm							
	0,5 to 3	above 3 to 6	above 6 to 30	above 30 to 120	above 120 to 400	above 400 to 1000	above 1000 to 2000	above 2000 to 4000
f (fine)	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	-
m (medium)	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2
c (coarse)	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3	± 4
v (very coarse grob)	-	$\pm 0,5$	± 1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	± 4	± 6	± 8

Taulukko 2. DIN ISO 2768-1 Toleranssi luokat.

Ovien paksuudet ja ovien sisäkehyksen mitat erosivat merkittävästi kuvan mukaisesti. Paksuuden osalta 51,5 % mittauspisteistä ylitti kuvan mukaiset arvot ja oven sisäpuolen kehyksen osalta 40,6 % mittauspisteistä ylitti standardin mukaisten arvot. Oven sisäpuolen kehyksen mittaamiseen jouduttiin käyttämään rullamittaa, jolla saadaan lähinnä suuntaa antavia arvoja. Ovien ulkomitoissa ei havaittu virheitä lainkaan, (LIITE 3).

Ovien paksuudessa havaittiin mittausten aikana toistuva paksuuden kasvu lukkojen kohdalla, joka voidaan havaita kuvassa 6.

Lukon jäykkyyteen näyttää vaikuttavan liian paksu ovi, koska lukko on liian ulkona keskuksesta. Ovien virheelliset taivutukset vaikuttivat ovien aukeamiseen ja sulkeutumiseen lievänä jäykkyytenä.



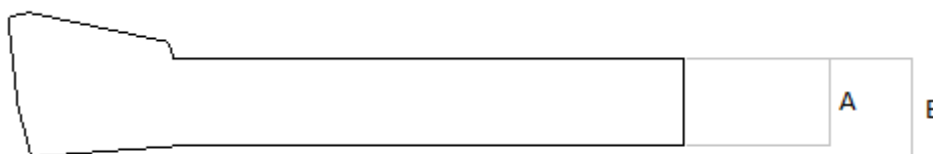
Kuva 6. Kaapelikentän ovesta on lukon kohdalla toistuva taivutusvirhe.

4.6 Lukon sopivuuden mittaus

Tarkoituksena oli selvittää lukon kielen sopivuutta VEDA 5000 – keskuksen lukkopesään. Lukon kieli on standardiosa lukkotoimittajalta. Alkuperäiset mittakuvat ovat vain valmistajalla. Lukon kielen mittauksia ei voi verrata mittakuviin.

Lukon kielessä havaittiin toistuvasti väärän suuntaista taipumaa lukkopesän muotoon nähden. Muotovirhettä lähdettiin tutkimaan, koska se voisi aiheuttaa oven toimivuuden heikkenemistä.

Lukon paksuutta mitattiin kuvan 7 mukaisesti, koska havaittiin lukon päässä mahdollisesti prässäyksestä aiheutuva taipuma. Ei tiedetä onko se alun perin ollut lukon kielessä, mutta ainakaan sitä ei ole huomioitu rungon rakenteessa. Tästä seuraa, että siitä on pelkästään haittaa lukon toimivuuden kannalta.



Kuva 7. Lukon kieli sivulta.

Viisitoista oven kieltä mitattiin kahdesta kohtaa kuvan 7 mukaan. Mittauspaikkojen eroksi laskettiin mitta-arvoista keskiarvoksi 0,7 m ($\pm 0,1$ mm työntömitta). Mitattujen kielten taipumakohdan arvot vaihtelivat 4,5 mm ja 4,8 mm välillä ja kielen peruspaksuuden arvot vaihtelivat 4,0 mm ja 4,1 mm välillä, (LIITE 4).

Tästä voidaan päätellä, että jos kielen paksuus tulisi olla 4,0 mm ja lukkopesän paksuus on 5 mm, niin taipuman aiheuttama lukon kielen osumisen runkoon mahdollisuus kasvaa 50–80 % (± 10 %). Lukon kielen muotoilu on tehty luistavaksi, jolloin vääntämällä lukkoa kiinni lukko pystyy taipumaan vääntövoiman ansiosta. Tämän ansiosta lukon kielen taipuman haittavaikutukset lukon toimintaan pienenevät, mutta silti lukon toiminta voi olla jäykkää. Yksinään lukon kielen taipuma välttämättä ei estä oven toimivuutta, mutta tietyissä ääritilanteissa lukon toi-

mivuus voi heikentyä merkittävästi. Tiivistyksen, oven paksuuden ja lukon yhteisvaikutusta ei voida arvioida, koska tiivistys on paksuuden mittauksen tiellä.

4.7 Yhteenvedo mittauksista

Ovissa havaittiin mittavirheitä paksuudessa ja sisäpuolen kehyksessä. MCC-osaston tarkastamon lattia, joka on nyt eri käytössä, oli yksi osatekijä ovien huonoon toimivuuteen. Ovessa havaittiin myös silminnähten paksuuden vaihtelua, joka toistui jokaisen lukon kohdalla.

Keskusalustoissa ei havaittu kriteerien mukaisten arvojen ylittymistä, jos mittaus-tarkkuuden aiheuttamalla harmaalla alueella olevia mittatuloksia ei lasketa. Tutkimus tulisi tehdä tarkemmilla mittavälineillä, jos haluttaisiin selviä tuloksia. Keskusalustoissa olisi järkevä määrittää tukipuiden välinen maksimimuutoksen korkeus. Esimerkiksi, nyt kun tavallisen keskusalustan maksimikorkeuseron vaihtelu saa olla 6 mm, määritettäisiin tukipuiden välinen maksimikorkeuseron vaihtelu 2–2,5 mm:iin.

Lukon kielessä havaittiin toistuva muodollinen ominaisuus, jota ei ole huomioitu lukkopesän rakenteessa. Taipuma lukon kielessä on voinut mahdollisesti syntyä puristustavan muuttuessa ajan myötä. Lukon kielestä ei ole mittakuvia, johon voitaisiin verrata toimitettua tuotetta. Taipuma lukon kielessä voi aiheuttaa ovissa lukon toiminallista jäykkyyttä tai jumiutumista.

4.8 Ovien toimivuuden parantamishdotuksia

Oven lukon toimintaa voidaan parantaa keskuksen runkopalkissa olevan lukkopesän reikää muuttamalla tai kehittämällä lukon kielen taivutustapaa.

Lukon kielestä pitäisi saada mittakuvat, jos halutaan saada tietää, kuuluuko taipuma lukon kieleen. Jos taipuma on virhe, voidaan tarkistaa, onko se standardin asettamien toleranssiluokan sallimissa rajoissa.

Tilattujen ovien mittavirheitä ei seurata, jolloin niiden havaitseminen tapahtuu liian myöhään, josta seuraa, että reklamaatioihin ei riitä aina aikaa. Tällaisille asi-

oille tulee myös varata aikaa yleisellä tasolla jo projektisuunnittelussa. Reklamointihan vaatii aina ovien toimimattomuuden syyn selvittämistä, kun sellainen havaitaan. Tämän lisäksi reklamoinnin jälkeen toimittaja saattaa lähettää asentajan tarkistamaan ja korjaamaan ovien virheitä ja ennen kuin asentaja saadaan paikalle, voi kulua vuorokausi. Reklamoinnin menettelytapoja voi yrittää tehostaa esimerkiksi neuvottelemalla.

Ovien ongelmien selvittämisestä olisi hyvä jäädä jonkinlainen merkintä ongelman laadusta, jossa kerrotaan mikä ovesta ei toiminut, oliko ovesta mittavirheitä ja miten virhe korjattiin. Nämä tiedot auttavat priorisoimaan ovien toiminnalliset ongelmat. Näistä tiedoista voidaan myös havaita muutoksia tilastollisesti.

Toinen ratkaisuvaihtoehto voisi olla ongelmien ennakoiva ehkäisy. Esimerkiksi, jos tiedetään ovissa olleen virheitä aikaisemmissa projekteissa, voidaan ongelmien toistumista yrittää välttää tarkastamalla tulevien projektien ovia mahdollisimman aikaisin. Satunnaisotannalla tehdyt mittaukset eivät veisi merkittävästi resursseja, vaikka virheitä ei havaittaisikaan. Mutta, jos virheellisiä ovia löytyisi, saataisiin reklamaation tekeminen onnistumaan ja siinä säästetään aikaa, kun ovet voidaan korjata tai tilata aikaisemmin. Riittävän reklamoinnin tulisi poistaa mittavirheet tulevista ovista jatkossa.

Keskusalustan tukipisteiden välien korkeuden muutokset tulisivat olla mahdollisimman pienet, jolloin niiden vaikutus keskuksen rungon mittoihin minimoituu. Vaatimus koko pituuden maksimi-arvojen vaihtelusta ei riitä keskusalustan tasaisuutta määrittämään. Vaikka keskusalusta on vain väliaikainen asennustaso, olisi sen vaikutukset huomioitava ovien toimivuuden kannalta asennuksen ja testausten aikana.

5 POHDINTAA

Yhdenmukainen prosessi ja toimintatavat ovat tärkeitä tekijöitä työn tehokkuudessa. Tähän tulisi pyrkiä, jos prosessien tuotteet ovat samoja. Joskus nämä tuotteet voivat vaikuttaa samoilta. Varsinkin lopullinen tuote voi jopa olla osittain täysin yhtäläinen, mutta joskus samaa tuotetta tulisi lähestyä täysin eri näkökulmasta. Opinnäytetyön aikana havaitsin, että samaa tuotetta oli kehitetty eri suuntiin.

Drives-osastolla VEDA 5000 – pienjännitekeskuksissa käytettiin useiden eri valmistajien komponentteja ja keskuskoot vaihtelivat projekteittain. Tämän takia projektisuunnittelussa tehtiin projektikohtaisia ratkaisuja, jotka vaikeuttavat tuotteen vakiointia. MCC-osastolla keskuskokojen ja keskuksissa käytettävien komponenttien kirjo oli pieni. Tämän takia MCC-osastolla oli voitu kehittää vakioratkaisuja.

Useasti suunnittelussa tapahtuu inhimillistä alkuperää olevia ongelmia, jotka haastavat prosessintoimivuuden korjaamaan itse itseään. Toimintojen automatisointi on hyvä tapa poistaa inhimillinen virhe toistuvista toimintatavoista, mutta automatisoinnissa itsessään voi piillä yhtä hyvin inhimillinen virhe. Tämän tyyppiset virheet voivat joskus juurtua prosessiin, kun virheisiin ei reagoida. Oireiden havainnointi ja niiden hoitaminen eivät riitä prosessin alkuperäisten virheiden korjaamiseen, vaan siihen tarvitaan yhteistyötä.

Toimintatapojen kehittäminen yhden henkilön näkökulmasta jää usein vajaaksi. Prosesseissa heikkoja toimintatapoja voi esimerkiksi syntyä, jos vain yksi henkilö erikoistuu tietylle osa-alueelle. Tämä aiheuttaa myös haavoittuvuuden prosessiin, kun henkilön korvaajaa ei löydy. Toisaalta työn jakaminen useille tekijöille erikoisosaamista vaativissa tehtävissä on monesti resurssien tuhlausta ja työ tehdään ensimmäisellä kerralla opitulla tavalla, joka on usein käytetty tapa.

Tiimityöskentelyä voisi harkita oviaukotussuunnittelussa varsinkin sen kehittämismielessä. Tiimityöllä on havaittu useitakin hyötyjä, esimerkiksi ongelmatilanteet on saatu hoidettua ajallaan ja työhön perehdyttäminen on ollut helppoa. /7, 72/

Ovien laadunseurannasta tulisi olla valmiiksi määritelty menettelytapa, joka tulee olla käytössä molemmilla osastoilla. Havaittaessa ongelmia oven toimivuudessa tulee selvittää, vastaako toimitettu ovi mittakuvien mukaista ovea, jolloin voidaan tehdä reklamaatio ovista. Tämän lisäksi pitäisi olla varasuunnitelma, jos projektin toimimattomia ovia ei resurssivajauksen takia ehditä tutkimaan.

Tämän työn tulokset jäävät yritykselle jatkokehitettäväksi. Uskon työn antavan riittävän hyvän kuvan oviprosessin toimintatapojen kehityssuunnista. Työssä alkutilanteen selvittäminen vaati hyvin laajaa tietojen keräämistä, joista tuli käytettyä vain pientä osaa. Tämä oli haastavaa, koska tieto oli jakautunut monelle taholle ja tämän kaiken yhdistäminen hyvin perustelluiden mielipiteiden joukossa ei ollut helppoa.

Ovisuunnittelun yhtenäistämisestä ja hankintaprosessin yhtenäistämisestä kannattaa tehdä päätökset askel kerrallaan aloittaen osaston oviaukotussuunnittelun tekijän määrittämisestä.

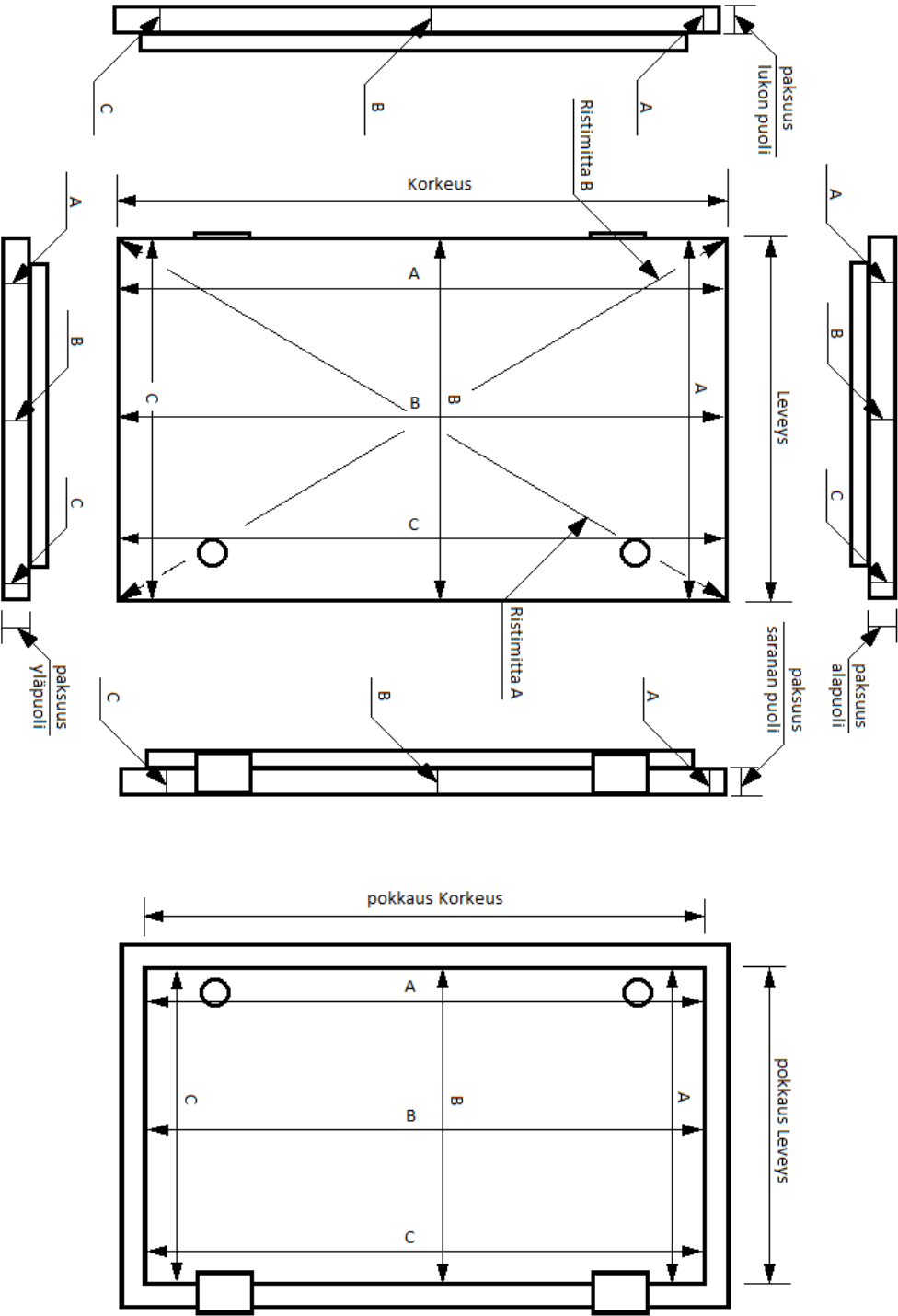
Tutkimuksissa löydettiin ovien toimimattomuuden aiheuttavia tekijöitä, joihin jatkossa voidaan vaikuttaa parantamalla laaduntarkastuksen menettelytapoja ja muuttamalla lukon muotoilua paremmaksi.

LÄHTEET

- /1/ VEO Vuosikertomus 2011, 2012. VEO.
- /2/ VEO Vastuuta energiasta, 2012.
- /3/ Ågren J, 1999. Suunnittelun yleisohjeet.
- /4/ Mattsson A, 2012. Materiaalin vastaanotto.
- /5/ Alhonmäki J, 2012. Suunnittelujärjestelmän symbolikirjaston luominen ja käytön ohjeistus. Viitattu 4.12.2013 <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41891/Opinnaeyste%20tyoe.pdf?sequence=1>
- /6/ Piponius P, 2011 Yksikkötestauksen hyödyntäminen Microsoft Dynamics AX:ssa. Viitattu 4.12.2013 http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26535/Piponius_Pasi.pdf?sequence=1
- /7/ Hirvonen H, 2007. Tiimityöskentelyn kehittäminen ja käyttöönotto. 72. Viitattu 9.12.2013 http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/17852/jamk_1195637065_5.pdf?sequence=2

	Lavan 1 korkeus / mm	Lavan 2 korkeus / mm	Lavan 3 korkeus / mm	Lavan 4 korkeus / mm	Lavan 5 korkeus / mm
Edestä 1	172	167,3	164,7	170,25	165,95
Edestä 2	170,7	166,4	167	169,4	165,4
Edestä 3	169,9	167,5	165,5	167,45	164,1
Edestä 4	168,45	167,1	165,8	168	165,25
Edestä 5	169,65	168,9		169,3	164,45
Edestä 6				169,75	
Takaa 1	169,6	167,7	165,25	169,6	167,8
Takaa 2	167,7	166,75	165,95	169,8	166,45
Takaa 3	169,2	167,3	163,95	168,65	166,4
Takaa 4	169,9	164,1	166,55	166,7	167,35
Takaa 5	168,7	168,8		169,95	167,75
Takaa 6				170,5	
Suurin arvo	172	168,9	167	170,5	167,8
Pienin arvo	167,7	164,1	163,95	166,7	164,1
ero	4,3	4,8	3,05	3,8	3,7

Projektien 31.10820.03 ja 31.10820.04 kentät	ovia yh- teensä	Toimi- mattomia ovia	koko l / m	ristimitta / s1 / mm	ristimitta \ s2 / mm	ero (r / mm)
07k	1	0	0,3	1970,5	1969,5	1,0
07	15	0	0,6	2033,5	2034,0	-0,5
06k	1	0	0,3	1970,0	1969,5	0,5
06	15	0	0,6	2033,0	2033,5	-0,5
05k	1	0	0,3	1970,5	1969,5	1,0
05	15	0	0,6	2034,0	2033,0	1,0
04k	1	0	0,4	1987,0	1985,5	1,5
04	15	0	0,6	2034,0	2032,5	1,5
03k	1	0	0,3	1970,5	1969,5	1,0
03	7	0	0,6	2033,5	2033,5	0,0
02	3	0	1	2180,0	2181,0	-1,0
01	3	0	1	2179,5	2182,0	-2,5
08k	1	0	0,4	1985,5	1985,5	0,0
08	11	0	0,6	2033,5	2033,0	0,5
07k	1	0	0,4	1986,0	1985,5	0,5
07	12	0	0,6	2033,0	2033,5	-0,5
06k	1	0	0,4	1985,5	1985,5	0,0
06	11	0	0,6	2032,5	2034,0	-1,5
05k	1	0	0,3	1968,5	1970,0	-1,5
05	3	2	1	2179,0	2182,0	-3,0
04	3	0	1	2181,0	2179,5	1,5
03	3	0	0,6	2033,5	2033,5	0,0
02	3	0	1	2180,5	2179,5	1,0
01	3	0	1	2181,0	2180,0	1,0



Mitattujen arvojen poikkeavuus todellisesta arvosta					
kohde	tyyppileveys	tyyppikorkeus	leveys		
			A / mm	B / mm	C / mm
1	1000	600	-0,5	0	0
2	1000	900	0	0	0
3	400	1800	0	-1	0
4	400	1800	0	0	0
5	600	1800	-0,5	0	0
6	600	1800	0	0	-0,5
keskihajonta			0,17	0,20	0,08

Mitattujen arvojen poikkeavuus todellisesta arvosta					
korkeus			ristimitat		
A / mm	B / mm	C / mm	A / mm	B / mm	ero / mm
0,5	0,5	0,5	0,46	-0,04	0,5
0	0	0	-2,09	-1,59	-0,5
-1	0	0	-0,88	-0,88	0
-1	0	-1	-0,88	-0,88	0
0	0	0	0,02	-0,98	1
0	0	-0,5	-0,48	-0,48	0
0,42	0,25	0,33	0,80	0,81	0,33

Mitattujen arvojen poikkeavuus todellisesta arvosta					
pokkauksen leveys			pokkauksen korkeus		
A / mm	B / mm	C / mm	A / mm	B / mm	C / mm
0,5	0	0,5	0,5	1,5	0
1	1	0,5	0	1,5	0
-0,5	-2	-1	-2	0	-2
-1,5	-2,5	0	-2	0	-2
-1	-0,5	-1	-2	0	-2
-1	-1	-1	-2	0	-2
0,92	1,17	0,67	1,42	1,50	1,33

Mitattujen arvojen poikkeavuus todellisesta arvosta					
paksuus lukon puoli			paksuus saranan puoli		
A / mm	B / mm	C / mm	A / mm	B / mm	C / mm
0,3	0,6	0,5	0,3	0,6	0,4
0,7	2,6	0,9	0,9	2,8	0,9
0,5	1,1	0,3	0,6	0,3	0,3
0,3	0,5	0,5	0,4	0,2	0,2
0,3	1,3	0,2	0,2	0,3	0,2
0,3	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1
0,40	1,10	0,45	0,45	0,72	0,35

Mitattujen arvojen poikkeavuus todellisesta arvosta					
paksuus yläpuoli			paksuus alapuoli		
A / mm	B / mm	C / mm	A / mm	B / mm	C / mm
0,3	0,7	0,3	0,3	0,5	0,5
0,4	1,3	0,4	0,7	1,3	0,6
0,4	0	0,3	0,5	0	0,8
0,3	0	0,3	0,5	0	0,5
0,3	0,4	0,1	0,1	0,3	0,3
0,3	0,4	0,1	0,1	0,4	0,2
0,33	0,70	0,25	0,37	0,63	0,48

Lukon kielen paksuus mittaus			
lukon kieli	A / mm	B / mm	ero / mm
1	4,50	4,10	0,40
2	4,70	4,10	0,60
3	4,80	4,00	0,80
4	4,53	4,05	0,48
5	4,75	4,05	0,70
6	4,80	4,05	0,75
7	4,78	4,05	0,73
8	4,78	4,08	0,70
9	4,73	4,00	0,73
10	4,80	4,05	0,75
11	4,80	4,00	0,80
12	4,73	4,00	0,73
13	4,80	4,03	0,77
14	4,80	4,00	0,80
15	4,75	4,10	0,65
keskiarvo	4,735	4,043	0,692